




Jaki wpływ ma ciśnienie na temperaturę wrzenia ciecchy?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Jaki wpływ ma ciśnienie na temperaturę wrzenia ciecchy?

Czy to nie ciekawe?

Karol Darwin, twórca teorii ewolucji, jako młody człowiek odbył pięcioletnią podróż na statku HMS Beagle, podczas której zbierał materiały do badań przyrodniczych. W swojej relacji z podróży, „Voyage of the Beagle”, tak opisał kłopoty z gotowaniem ziemniaków podczas jednego z postojów:

„ ... ziemniaki, pomimo gotowania przez szereg godzin, były tak twarde jak na początku. Garnek został zostawiony na ogniu na całą noc, gotowany ponownie następnego ranka, a jednak ziemniaki się nie ugotowały. Dowiedziałem się o tym po podsłuchaniu dwóch towarzyszy, starających się ustalić przyczynę; doszli oni do następującego prostego wniosku „przeklęty garnek (który był nowy) postanowił nie gotować ziemniaków”.

Czy rzeczywiście garnek miał złe zamiary? Tajemnicę złośliwego garnka wyjawimy w tym e-materiale.



Rys. a. Charles Darwin (1809 - 1882). [Źródło: [George Richmond](#) [Public domain]]

Twoje cele

- dowiesz się, na czym polega parowanie,
- zrozumiesz, czym różni się parowanie od wrzenia,
- przeanalizujesz procesy, które przebiegają podczas wrzenia cieczy,
- zrozumiesz, dlaczego temperatura wrzenia rośnie wraz z ciśnieniem zewnętrznym.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wrzenie i parowanie to zjawiska fizyczne polegające na zmianie stanu układu z ciekłego w gazowy.

Cząsteczki cieczy oddziałują na siebie siłami przyciągającymi, ale mogą swobodnie przemieszczać się w obrębie całej jej objętości. Nie mogą jednak zbyt blisko siebie zbliżyć, ani od siebie oddalać. To dlatego tak trudno jest zmienić objętość cieczy. Prawdą jest jednak, że niektóre cząsteczki opuszczają ciecz w zjawisku **parowania**. Dzieje się wtedy, gdy znajdujące się blisko powierzchni cieczy cząsteczki, w wyniku zderzeń z innymi cząsteczkami, uzyskują odpowiednio dużą energię kinetyczną. Przewyciężają one siły przyciągania od innych cząsteczek i opuszczają ciecz. Parowanie, które zachodzi w każdej temperaturze, polega na tym, że z powierzchni cieczy „wylatują” cząsteczki.

Jeśli naczynie jest **zamknięte**, masa pary nad powierzchnią cieczy nie wzrasta nieograniczenie. W pewnym momencie para staje się **parą nasyconą**, której gęstość i ciśnienie mają, w danej temperaturze, maksymalną wartość. Cząsteczki **pary nasyconej** zaczynają się łączyć i następuje skraplanie. Wytwarza się stan **równowagi dynamicznej**. W określonym czasie tyle samo cieczy wyparowuje, co pary ulega skropleniu. Masa pary i masa cieczy nie zmieniają się. Im wyższa temperatura, tym większa energia kinetyczna cząsteczek pary, tym wyższe ciśnienie pary nasyconej i, w końcu, tym więcej pary może znajdować się w powietrzu.

Wrzenie to parowanie cieczy w całej jej objętości. Rozumiemy już, jak przebiega parowanie powierzchniowe. Ale jak parowanie może zachodzić w głębi cieczy? Okazuje się, że w cieczy znajdują się małe pęcherzyki powietrza. Podczas napełniania naczynia cieczą, przyczepiają się one do nierówności na ściankach naczynia, a także do pyłków i innych zanieczyszczeń cieczy. Co więcej, przy dostatecznie wysokiej temperaturze, takie mikro-bąbelki mogą tworzyć się samoistnie, na skutek pojawiających się różnic gęstości cieczy. Właśnie do tych małych bąbelków powietrza ciecz paruje w miarę zwiększania się temperatury. Bąbelki wypełnione parą stopniowo powiększają się i początkowo są przyczepione do dna i ścianek naczynia. Możesz to zaobserwować, gdy w garnku podgrzewasz wodę, ale nie zaczęła ona jeszcze wrzeć (Rys. 1.)



Rys. 1. Podczas podgrzewania wody w garnku cząsteczki wody parują do małych pęcherzyków powietrza przyczepionych do ścianek i dna garnka.

W miarę wzrostu temperatury cieczy, cząsteczki pary w pęcherzykach uzyskują coraz większą energię kinetyczną. Dopóki jednak temperatura jest za niska, pęcherzyk nie urośnie na tyle, by siła wyporu mogła oderwać go od podłoża. W pęcherzyku panuje ciśnienie takie, jak nad powierzchnią cieczy powiększone o **ciśnienie hydrostatyczne** na danej głębokości. Para w pęcherzykach jest nasycona i nadmiar cząsteczek skrapla się - panuje tam równowaga dynamiczna. Dopóki ciśnienie pary nasyconej w pęcherzyku jest mniejsze od ciśnienia zewnętrznego, pęcherzyk nie może oderwać się od dna lub ścianki naczynia. W końcu jednak **temperatura osiąga wartość, przy której ciśnienie pary może przekroczyć, choćby minimalnie, ciśnienie zewnętrzne**. Od tego momentu więcej cząsteczek może przenikać do pęcherzyka niż powracać do cieczy w procesie skraplania. Pęcherzyk powiększa się i wypychany jest przez siłę wyporu na powierzchnię cieczy. Pękające na powierzchni pęcherzyki wydają charakterystyczny odgłos. Dlatego słyszymy szum i bulgotanie gotującej się wody (Rys. 2.).



Rys. 2. Wrzenie rozpoczyna się wtedy, gdy ciśnienie pary nasyconej staje się równe ciśnieniu zewnętrznemu.

Z naszych rozważań wynika, że **wrzenie rozpoczyna się w takiej temperaturze, w której ciśnienie pary nasyconej równe jest ciśnieniu zewnętrznemu.**

Temperatura wrzenia zależy więc od ciśnienia zewnętrznego i wzrasta wraz z jego wzrostem. Nie jest to zależność wprost proporcjonalna, a jej charakter zależy od rodzaju cieczy.

Podczas wrzenia temperatura jest stała pomimo dostarczania do cieczy ciepła. Całe pobrane przez ciecz ciepło zużywane jest na zmianę stanu skupienia z ciekłego na gazowy.

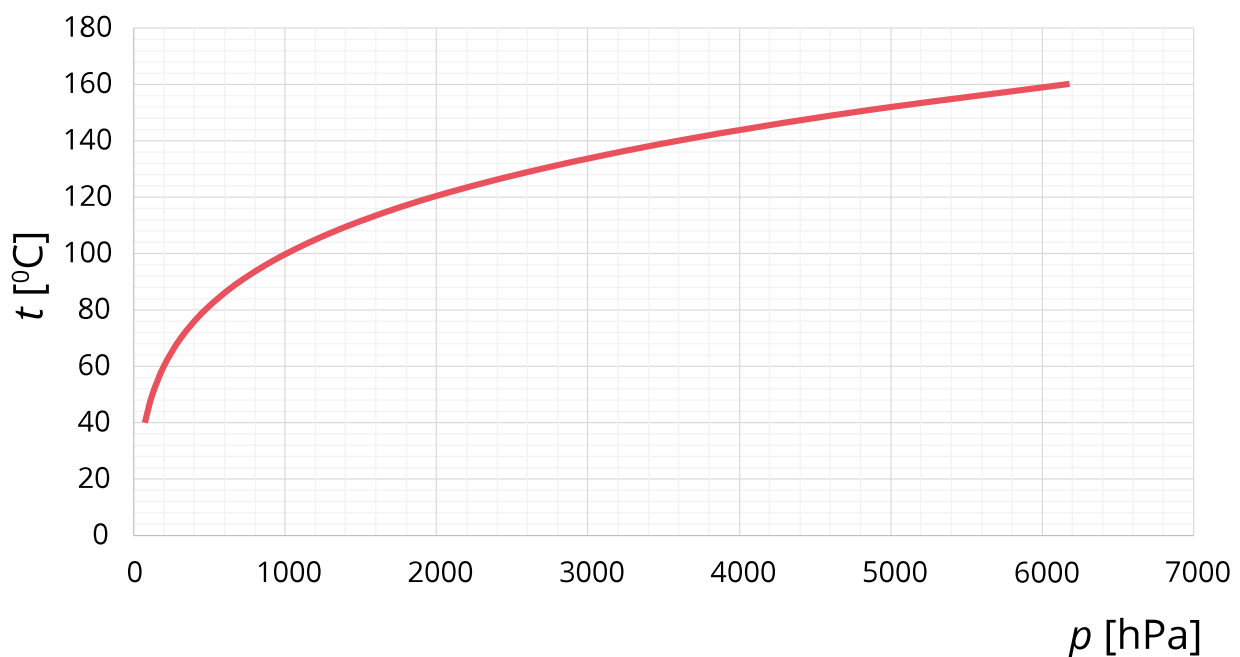
Tabela 1. przedstawia wartości ciśnienia nasyconej pary wodnej w różnych temperaturach. W myśl powyższej dyskusji, tabela ta jest również zestawieniem temperatur wrzenia wody przy zadanym ciśnieniu zewnętrznym.

Temperatura [°C]	Ciśnienie nasyconej pary wodnej [hPa]
40	73,7
50	123,4
60	199,2
70	311,7
80	473,6
90	701,1
100	1013 (Ciśnienie normalne)
110	1430

Temperatura [°C]	Ciśnienie nasyconej pary wodnej [hPa]
120	1980
130	2700
140	3610
150	4760
160	6180
Temperatura wrzenia wody [°C]	Ciśnienie zewnętrzne [hPa]

Tabela 1. Ciśnienie nasyconej pary wodnej w zależności od temperatury, ale też zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia zewnętrznego.

Wykres zależności temperatury wrzenia wody od ciśnienia zewnętrznego przedstawia Rys. 3.



Rys. 3. Zależność temperatury wrzenia wody t od ciśnienia zewnętrznego p .

Wróćmy teraz do opisanego przez Darwina „przeklętego garnka, który postanowił nie gotować ziemniaków”. Z relacji Darwina wiemy, że miało to miejsce podczas wysokogórskiego postoju, gdzie ciśnienie atmosferyczne jest znacznie niższe od normalnego. W takich warunkach woda wrze w temperaturze znacznie niższej niż 100°C i dlatego ziemniaki nie miękły, mimo długiego gotowania.

Słowniczek

Ciśnienie hydrostatyczne

(*ang.: fluid pressure*) ciśnienie wywierane przez słup cieczy, wynosi $p = \rho gh$, gdzie ρ to gęstość cieczy, g – przyspieszenie ziemskie, h – wysokość słupa cieczy.

Układ zamknięty

(*ang. closed system*) układ, który może wymieniać z otoczeniem energię, ale nie wymienia materii.

Para nasycona

(*ang. saturated steam*) para o największej możliwej gęstości i ciśnieniu w danej temperaturze.

Równowaga dynamiczna

(*ang.: dynamic equilibrium*) rodzaj równowagi termodynamicznej, w której szybkości procesów są sobie równe – ich wypadkowa równa jest zeru.

Film samouczek

Czy ciśnienie ma wpływ na temperaturę wrzenia cieczy?

Obejrzyj film samouczek, z którego dowiesz się, co dzieje się w garnku, w którym woda zaczyna się gotować.

Polecenie 1

Rozwiązaniem problemu gotowania w wysokich górach jest użycie szybkowaru, szczelnie zamkniętego garnka, w którym wytwarza się wysokie ciśnienie pary. Wyjaśnij, dlaczego gotowanie w szybkowarze trwa krócej niż w zwykłym garnku.

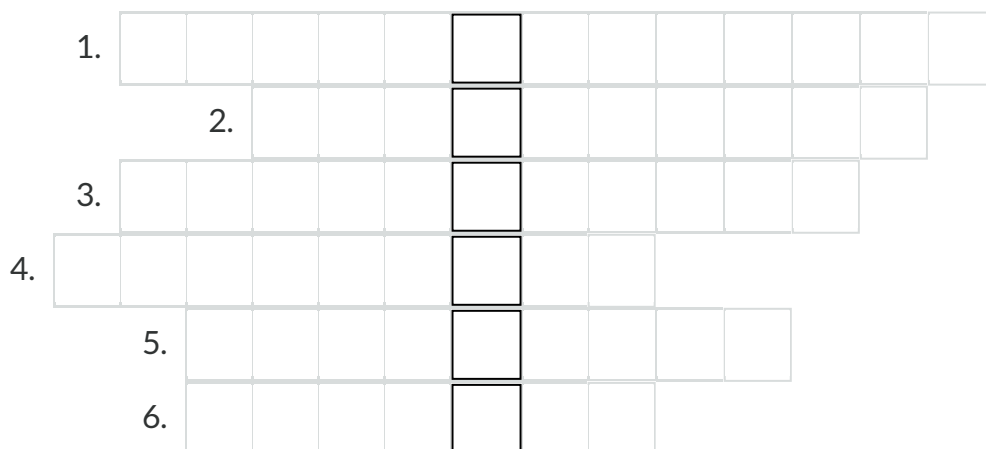
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Rozwiąż krzyżówkę:



1. Dział fizyki badający m.in. zjawiska związane z ciepłem.
2. Proces przeciwny do parowania.
3. Wielkość fizyczna, której jednostką jest Kelwin.
4. Szczelny garnek, w którym w czasie gotowania potraw następuje wzrost ciśnienia.
5. Na przykład, atmosferyczne lub hydrostatyczne.
6. Parowanie w całej objętości cieczy.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Temperatura wrzenia (/), gdy zmniejsza się ciśnienie zewnętrzne.

Ćwiczenie 3



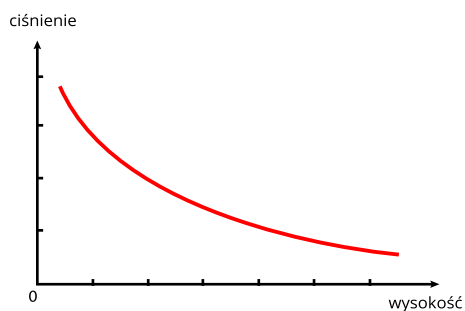
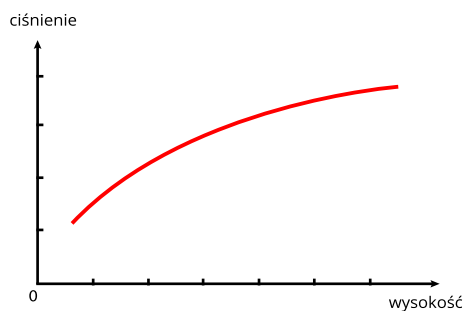
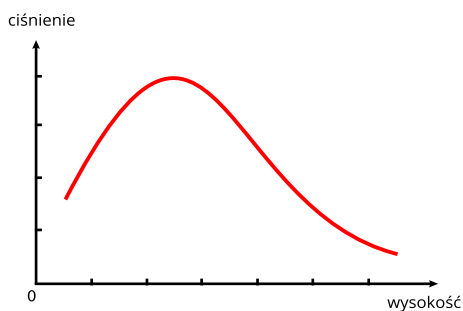
Uzupełnij zdanie:

Wrzenie cieczy rozpoczyna się, gdy ciśnienie pary nasyconej ma (/ /) wartość w porównaniu z ciśnieniem zewnętrznym.

Ćwiczenie 4



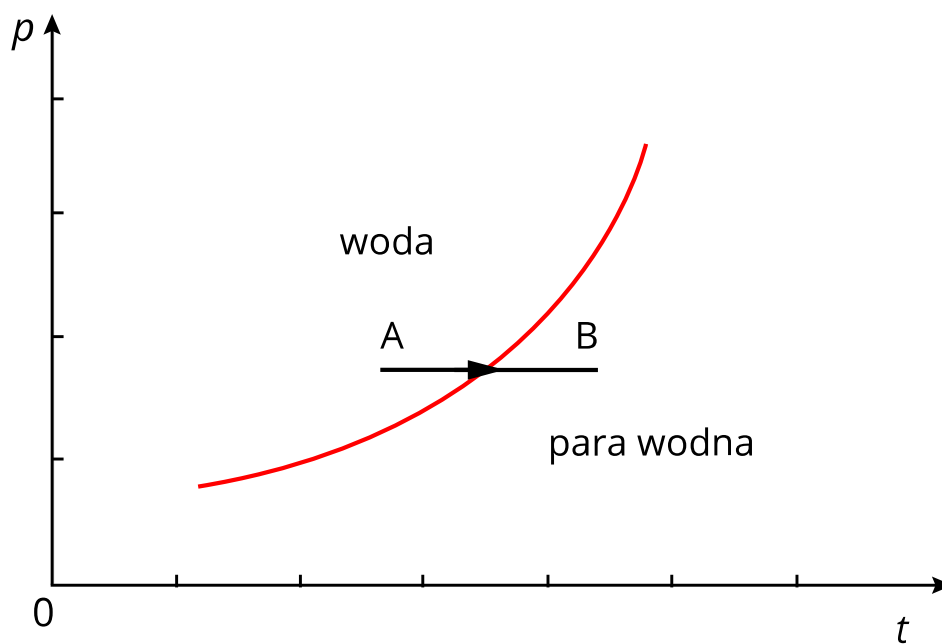
Na rysunku znajdują się trzy wykresy. Na osi poziomej każdego z nich odłożono wysokość nad poziomem morza, na osi pionowej ciśnienie. Zaznacz, który z poniższych wykresów poprawnie ilustruje zależność ciśnienia atmosferycznego od wysokości n.p.m.



Ćwiczenie 5



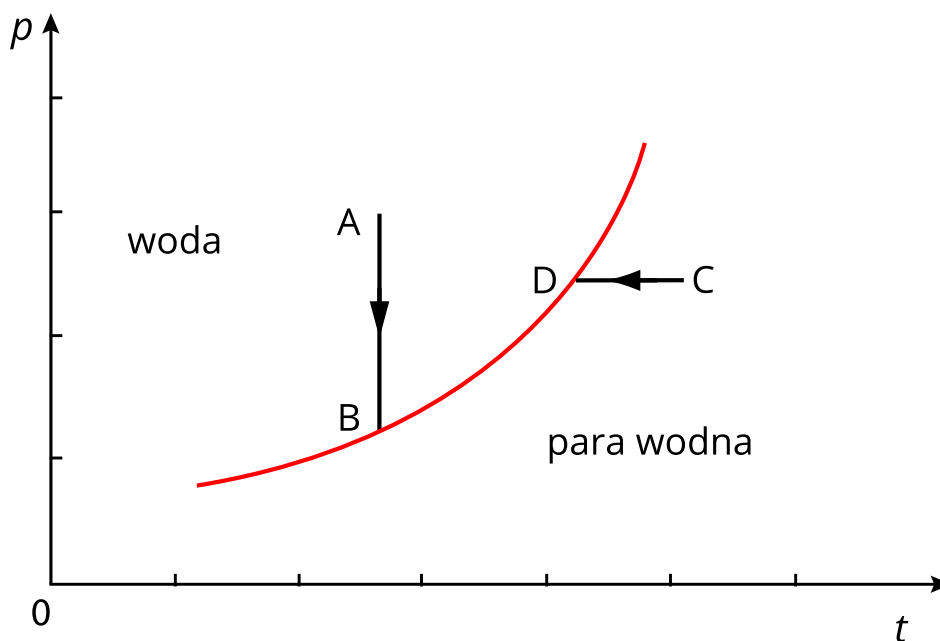
Wykres przedstawia zależność między temperaturą wrzenia wody i ciśnieniem zewnętrznym. Jakie procesy prowadzą od stanu A do stanu B?



Ćwiczenie 6



Wykres przedstawia zależność między temperaturą wrzenia i ciśnieniem zewnętrznym. Jakie procesy prowadzą od stanu A do stanu B i od stanu C do stanu D? Opisz stany końcowe B i D. Przemiany odbywają się w układach zamkniętych.



Ćwiczenie 7



Zosia zademonstrowała takie doświadczenie. Do strzykawki nałała trochę wody, tłok opuściła do poziomu wody i zatkała palcem otwór, na który nakłada się igłę. Następnie szybko odciągnęła tłok, zwiększając objętość w strzykawce. W wodzie pojawiły się bąbelki. Wyjaśnij, co znajduje się w tych bąbelkach i jaki proces odbył się w strzykawce

Ćwiczenie 8



Zaparzenie czarnej herbaty wymaga użycia wody o temperaturze ok. 100°C, podczas, gdy zieloną herbatę zwyczajowo zaparza się wodą o temperaturze ok. 80°C. Zabłyśnij znajomością fizyki i przyjaciółom, którzy wybierają się na wycieczkę służ mądrą radą. Zaznacz, która z poniższych porad jest "mądra".

Po upalnym dniu na Mazurach najlepiej sprawdzi się kojąca zielona herbata. Nie zapomnijcie tylko o kubku i grzałce!

Wiem, że jedziecie w Kaukaz. Macie tutaj wasze ulubione herbatki. Ani kupiłem zieloną, a tobie Janku czarną. Żebyście o mnie pamiętali podczas waszej wyprawy.

Jeśli jedziecie w Himalaje, to tylko wyposażeni w zieloną herbatę! Czarnej nie uda się Wam zaparzyć gotując wodę na ognisku w odkrytym garnku.

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jaki wpływ ma ciśnienie na temperaturę wrzenia cieczy?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>4) opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,• kompetencje cyfrowe,• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wyjaśnia, na czym polega parowanie. 2. rozróżnia zjawiska: parowania, wrzenia i skraplania. 3. analizuje procesy, które przebiegają podczas wrzenia cieczy. 4. wyjaśnia, dlaczego temperatura wrzenia rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia zewnętrznego.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca w grupach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Jak definiujemy przemianę fazową”, „Ciepło parowania”, „Na czym polega stan równowagi termodynamicznej?”, „Warunki równowagi układu termodynamicznego”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. 2. Odwołanie do wiedzy o procesie parowania. 	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel wprowadza pojęcie parowania i wrzenia jako zjawisk fizycznych. Następnie wyjaśnia, co dzieje się z cząsteczkami w procesie parowania i tłumaczy, na czym polega stan równowagi dynamicznej wody i pary nasyconej.

Nauczyciel opisuje początek procesu wrzenia, gdy tworzą się pęcherzyki zawierające parę nasyconą o ciśnieniu mniejszym niż ciśnienie zewnętrzne.

Uczniowie zgłaszają pomysły, jak zmienia się ciśnienie pary w pęcherzykach wraz ze wzrostem temperatury i w dyskusji, z pomocą nauczyciela, dochodzą do konkluzji, że wrzenie rozpoczyna się, gdy ciśnienie pary nasyconej zrówna się z ciśnieniem zewnętrznym.

Uczniowie oglądają film-samouczek i w grupach dyskutują nad odpowiedzią na zadane w nim pytanie.

Faza podsumowująca:

W celu oceny nabytych wiadomości uczniowie rozwiązują zadanie 5 i 6 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń, obowiązkowo zadanie 7 i do wyboru dwa spośród zadań 1 – 4.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Multimedium bazowe można wykorzystać na lekcji i połączyć z wykonaniem zadania 8 oraz przedyskutowaniem wyników. Może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.